New
Search

Help

[Preview Claims](#)[Preview Full Text](#)[Preview Full Image](#)

Email Link:

Document ID: JP 09-064819 A2**Title:** OPTICAL SYSTEM**Assignee:** FUJITSU LTD**Inventor:** ONAKA HIROSHI
OTSUKA KAZUE
MIYATA HIDEYUKI**US Class:****Int'l Class:** H04B 10/08 A; G01J 3/28 B; G02F 1/35 B; H04J 14/00 B; H04J 14/02 B**Issue Date:** 03/07/1997**Filing Date:** 08/23/1995**Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical system proper to a high speed response performance in which stability for a long term for a wavelength demultiplexed/ multiplexed signal is ensured by detecting the spectrum of a signal light using a monitor, dispersing, photo-electrically converting and making arithmetic operation.

SOLUTION: A monitor signal light emitted from a stimulation termination of an optical fiber 2 is collimated by a lens 4 and the result is fed to a reflection diffraction grating 6. A light receiving element array 10 uses photoelectric conversion elements 12 to measure a dispersion from the diffraction grating 6. The direction of arrangement of the photoelectric conversion elements 12 is selected in parallel with this paper to allow the optical power of each wavelength to be measured by the array 10 altogether. An output signal from the array 10 is fed to a signal processing circuit 14. In this embodiment, a spectrum detected by an optical spectrum monitor 34 or monitor information based thereon is fed to a control circuit 36, the wavelength of a signal light of each channel is detected, based on the spectrum detected by the monitor and a laser diode 24 is controlled so that each wavelength is set constant.

(C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-64819

(43)公開日 平成9年(1997)3月7日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/08			H 0 4 B 9/00	K
G 0 1 J 3/28			G 0 1 J 3/28	
G 0 2 F 1/35	5 0 1		G 0 2 F 1/35	5 0 1
H 0 4 J 14/00			H 0 4 B 9/00	E
14/02				

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平7-214733

(22)出願日 平成7年(1995)8月23日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 尾中 寛

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 大塚 和恵

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72)発明者 宮田 英之

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 松本 昂

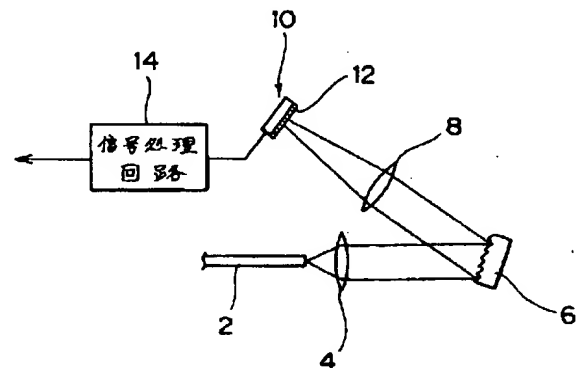
(54)【発明の名称】 光システム

(57)【要約】

【課題】 本発明はスペクトラムアナライザを備えた光システムに関し、WDM信号光の監視／制御に適した光システムの提供を目的とする。

【解決手段】 信号光に関しての送信、受信、中継、分岐及び交換等の処理に依存する信号光のスペクトラムを検出するモニタ手段を、モニタ用信号光を取り出す手段と、モニタ用信号光を少なくとも信号光の波長を含む帯域において分光する手段6と、分光された光を受ける位置に複数の光／電気変換エレメント12を有する受光素子アレイ10と、受光素子アレイ10の出力信号に基づく演算を行ってスペクトラムを算出する手段14とから構成する。

光スペクトラムモニタの構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主光路によって伝送される信号光に関して送信、受信、中継、分岐及び交換のうち少なくとも1つの処理を行う光処理手段と、

上記処理に依存する上記信号光のスペクトラムを検出するモニタ手段とを備え、

上記モニタ手段は、

上記主光路から上記信号光の一部であるモニタ用信号光を取り出す手段と、

上記モニタ用信号光を少なくとも該信号光の波長を含む帯域において分光する手段と、

該分光された光を受ける位置に複数の光／電気変換エレメントを有する受光素子アレイと、

該受光素子アレイの出力信号に基づく演算を行って上記信号光のスペクトラムを算出する手段とを含む光システム。

【請求項2】 上記信号光のスペクトラムに基づき上記信号光の波長、パワー及び信号対雑音比のうちの少なくとも1つを含む監視項目を監視する手段をさらに備えた請求項1に記載の光システム。

【請求項3】 上記信号光は波長分割多重された複数チャネルの信号光からなり、

上記監視項目は上記信号光のチャネル数をさらに含む請求項2に記載の光システム。

【請求項4】 上記監視する手段は、上記スペクトラムにおける各チャネルの信号光に対応する信号レベルが予め定められた閾値よりも大きくなる微小帯域の数をカウントする手段を含む請求項3に記載の光システム。

【請求項5】 上記監視する手段は、上記スペクトラムの微分信号を算出する手段と、該微分信号における各チャネルの信号光に対応する信号レベルが予め定められた閾値よりも大きくなる微小帯域の数をカウントする手段とを含む請求項3に記載の光システム。

【請求項6】 上記信号光は波長分割多重された複数チャネルの信号光からなり、

上記光処理手段は、

上記複数チャネルの信号光を出力する複数の光源と、

上記スペクトラムに基づき各チャネルの信号光の波長を検出する手段と、

検出された各波長が一定になるように上記各光源を制御する手段とを含む請求項1に記載の光システム。

【請求項7】 上記光処理手段は光増幅器を含み、

上記モニタ用信号光は、上記主光路における上記光増幅器の上流側及び下流側にそれぞれ対応する第1及び第2のモニタ用信号光からなり、

上記光処理手段は、上記第1及び第2のモニタ用信号光を選択的に上記分光する手段へ供給する光スイッチをさらに含む請求項1に記載の光システム。

【請求項8】 上記信号光は波長分割多重された複数チャネルの信号光からなり、

上記光処理手段は、

光増幅器と、

上記モニタ用信号光の信号対雑音比を検出する手段と、該検出された信号対雑音比に基づき上記モニタ用信号光における真の信号パワーを検出する手段と、

該検出された真の信号パワーが一定になるように上記光増幅器を制御する手段とを含む請求項1に記載の光システム。

【請求項9】 上記光処理手段は、

上記第1及び第2のモニタ用信号光にそれぞれ対応する第1及び第2の信号対雑音比を検出する手段と、

該検出された第1及び第2の信号対雑音比の比で定義される雑音指数を算出する手段とをさらに含む請求項7に記載の光システム。

【請求項10】 上記第2のモニタ用信号光のスペクトラムに基づき上記光増幅器の利得特性がフラットになるように上記光増幅器を制御する手段をさらに備えた請求項7に記載の光システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般的に、光送信機、光受信機、光中継器、光ノード（信号光の分岐）及び光交換機等のような信号光に関して処理を行う光システムに関し、さらに詳しくは、信号光のスペクトラムに基づく信号光波長等の監視に適した光システムに関する。

【0002】将来のマルチメディアネットワークを構築するため、さらなる大容量の光通信システムが要求されている。超大容量化を実現するための多重化技術として、波長分割多重（Wavelength-Division Multiplexing: WDM）システムに関する研究が盛んに行われている。WDMシステムは、エルビウム添加ファイバ増幅器（EDFA）の広い利得帯域を活用してWDM信号光を一括増幅し経済的な中継伝送路を実現できることから、光ファイバ1本でテラビットオーダのデータ伝送を可能にするものとして注目されている。

【0003】

【従来の技術】WDMシステムは、上述の伝送路媒体網への導入と共に、パス網（回線及び伝送路媒体を意識しない各種サービスや伝送路網の運用単位となる網）にも導入しようと検討が行われている（K. Sato, et al., "Network Performance and ..." IEEE, JACSC, vol. 12, No. 1, p159～）。これは、パス網の運用に必要な多重化、クロスコネクト処理、分岐／挿入等の信号処理の高速化の進展が電子回路技術の限界に近づき飽和傾向にあり、この状況を打開するために伝送路網中の光信号をそのまま多重化したり処理する技術が必要となってきたためである。

【0004】このように伝送路媒体だけでなくパス網までを光化したネットワークを光波ネットワークと称し

(H. Ishida "A Transport Network with ..." GLOBECOM '93)、ネットワーク全体の高速処理化、柔軟化、シンプル化を向上させる手段として期待されている。

【0005】WDMシステムや光波ネットワークを実現するためには、波長分割多重信号光（WDM信号光）についてさまざまな監視／制御を行う必要がある。具体的な監視項目としては、（１）伝送波長数、（２）WDM信号光の波長間隔、（３）各チャネルの光パワーの絶対値やチャネル間のばらつき、（４）各チャネルの信号対雑音比（SNR）、（５）各チャネルの変調度（変調指数）やプリチャープ（信号変調時に付加的に重畳される位相変調成分）、（６）伝送路の非線形効果により発生するスペクトル変化等を挙げることができる。

【0006】これらの監視項目の情報を得る方法として、市販の光スペクトラムアナライザを用いる方法がある（M. Born and E. Wolf, Principles of Optics, 4th ed., p412及びHewlett-Packard Lightwave Test and Measurement Catalog, 1994, p48）。典型的な光スペクトラムアナライザにおいては、回折格子により分光された光のうちスリットを通過したある特定の波長の成分の光が受光素子に導かれ、そのパワーが測定される。回折格子を回転させることにより、スリットを通過する光の波長が変化するので、回折格子の回転と光パワーの測定を同期して行うことによって、光パワーの波長分布（光スペクトラム）を測定することができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、典型的な光スペクトラムアナライザは回折格子を回転させる等のための機械的可動部分を有しており、このスペクトラムアナライザを用いる方法は、長期の安定性や信頼度に欠けるといって問題を有している。また、光スペクトラムの測定に１秒程度の時間を要するため、監視／制御の素早い応答に対応することができないという問題もある。

【0008】従来からある別の方法としては、走査型ファブリ・ペロ干涉計を使用する方法もある（A. Yariv, "Optical Electronics", 3rd Edition, p92-95）。この方法においても、干涉計の構成部品である反射ミラーを可動させる必要があり、長期の安定性や信頼度に問題がある。

【0009】よって、本発明の目的は、WDM信号光の監視／制御を行う場合における長期安定性の確保、信頼性の向上及び応答の高速化に適した光システムを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によると、主光路によって伝送される信号光に関して送信、受信、中継、分岐及び交換のうち少なくとも１つの処理を行う光処理手段と、上記処理に依存する上記信号光のスペクトラムを検出するモニタ手段とを備え、上記モニタ手段は、上記主光路から上記信号光の一部であるモニタ用信号光を

取り出す手段と、上記モニタ用信号光を少なくとも該信号光の波長を含む帯域において分光する手段と、該分光された光を受ける位置に複数の光／電気変換エレメントを有する受光素子アレイと、該受光素子アレイの出力信号に基づく演算を行って上記信号光のスペクトラムを算出する手段とを含む光システムが提供される。

【0011】この光システムは、複数のチャネルの信号光から成るWDM信号光を用いるWDMシステムに適用されるのに適している。望ましくは、この光システムは、検出されたWDM信号光のスペクトルに基づきWDM信号光の波長、パワー、SNR及びチャネル数のうちの少なくとも１つを含む監視項目を監視する手段をさらに備えている。

【0012】本発明によると、モニタ手段を上述のように構成したので、機械的可動部分を用いることなしに信号光のスペクトラムを検出することができるようになり、前述した目的が達成される。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を添付図面に従って詳細に説明する。図１は本発明に適用可能な光スペクトルモニタの構成を示す図である。光波ネットワーク等における図示しない主光路から取り出された信号光の一部であるモニタ用信号光は、光ファイバ２によってこの光スペクトラムモニタへ導入される。

【0014】光ファイバ２の励振端から放射されたモニタ用信号光は、レンズ４によってコリメートされて反射型の回折格子（分光器）６へ供給される。回折格子６での反射光は、レンズ８によって収束させられて受光素子アレイ１０へ入射する。

【0015】回折格子６の格子定数や配置位置は、モニタ用信号光を少なくとも信号光の波長を含む帯域において分光するように設定される。受光素子アレイ１０は、回折格子６で分光された光を受ける位置に複数の光／電気変換エレメント１２を有している。

【0016】分光された光の伝搬方向は、波長に応じて例えば紙面に平行な平面上で変化する。従って、この場合には、光／電気変換エレメント１２の配列方向を紙面に平行にしておくことによって、各波長の光パワーを受光素子アレイ１０によって一括して測定することができる。

【0017】受光素子アレイ１０としては、光通信で典型的に使用される１．３～１．５μm帯に感度のある材料を用いたPIN-フォトダイオードアレイやCCDセンサを使用することができる。

【0018】受光素子アレイ１０の出力信号は、信号処理回路１４へ供給される。信号処理回路１４は、各光／電気変換エレメント１２で検出された各波長成分毎の光パワー信号を読み出して、信号光の光スペクトラムを算出するための信号処理を行う電子回路である。

【0019】図２は図１の光スペクトラムモニタによっ

て得られるスペクトラムの一例を示す図である。縦軸は光パワー、横軸は波長にそれぞれ対応している。図示されたスペクトラムの例では、ASEで表される自然放光の雑音成分に、WDM信号光の各チャンネルのスペクトラムピークSP1, SP2, ..., SPnが重畳されている。

【0020】尚、符号12（#1, #2, ..., #n）は、光／電気変換エレメント12の各エレメントが検知し得る微小帯域を表している。典型的なEDFAの帯域は1535～1560nm程度であり、この場合帯域幅は約25nmになるので、例えば512エレメントからなる受光素子アレイ10を使用し、分光のための光学系を適切に設計すれば、原理上は0.05nm以下の分解能で光スペクトラムを測定することができる。

【0021】しかも、図1に示される光スペクトラムモニタは機械的な可動部分を有していないので、得られたスペクトラムを与える電気信号についてミリ秒からμ秒オーダーの高速処理が可能となる。

【0022】図3は本発明の光システムの基本構成を示すブロック図である。このシステムは、主光路16によって伝送される信号光に関して送信、受信、中継、分岐（光ノードにおける信号光の挿入を含む。）及び交換のうち少なくとも1つの処理を行う光処理手段18と、この処理に依存する信号光のスペクトラムを検出するモニタ手段20とを備えている。

【0023】モニタ手段20は、例えば、主光路16から信号光の一部であるモニタ用信号光を取り出す光カプラ等の手段と、図1に示される光スペクトラムモニタとを含む。

【0024】この光システムは、望ましくは、モニタ手段20によって検出された信号光のスペクトラムに基づき信号光の波長、パワー及びSNRのうちの少なくとも1つを含む監視項目を監視する手段22をさらに備えている。

【0025】信号光が複数チャンネルの信号光からなるWDM信号光である場合、望ましくは、前述の監視項目は、WDM信号光のチャンネル数をさらに含む。監視項目について制御するコントローラが設けられている場合、このコントローラは必ずしも図3のモニタ手段20の近くにあるとは限らない。従って、監視項目についての遠隔制御を可能にするために、望ましくは、この光システムは、監視項目に関する監視情報をコントローラへ転送する手段をさらに備える。尚、主光路16は、固定回線だけでなく光波ネットワークにおける信号光経路を含む広い概念として理解される。

【0026】図4は本発明の第1実施例を示す光送信システムのブロック図である。WDM信号光の光源となるレーザダイオード24（#1, #2, ..., #n）はチャンネル数分あり、それぞれ駆動回路26（#1, #2, ..., #n）によって駆動されている。レーザダイオード

24（#1, #2, ..., #n）はそれぞれ波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の信号光を出力し、これらの信号光はそれぞれ高速化に適した外部変調器28（#1, #2, ..., #n）によって伝送データに基づく変調を受けた後、光マルチプレクサ30で合流される。

【0027】光マルチプレクサ30は2つの出力ポート30A及び30Bを有しており、合流した信号光（WDM信号光）の大部分は出力ポート30Aから光増幅器32へ供給されて、ここで増幅された後主光路へ送出される。

【0028】光マルチプレクサの出力ポート30Bから出力されたWDM信号光の一部（モニタ用信号光）は、例えば図1の構成を有する光スペクトルモニタ34へ供給される。

【0029】光スペクトルモニタ34において検出されたスペクトラム或いはこれに基づく監視情報は制御回路36へ供給される。制御回路36は、光スペクトラムモニタ34において検出されたスペクトラムに基づいて各チャンネルの信号光の波長を検出し、検出された各波長が一定になるようにレーザダイオード24（#1, #2, ..., #n）が制御される。具体的には、制御回路36によって、各駆動回路26（#1, #2, ..., #n）がレーザダイオード24（#1, #2, ..., #n）へ供給するバイアス電流が調整され、これによって各レーザダイオードの発振波長が安定化される。

【0030】発振波長の安定化のための制御対象は各レーザダイオードの温度であってもよい。尚、光スペクトラムモニタを用いた波長の安定化においては、波長の基準は光スペクトラムモニタに内蔵されている回折格子（図1の回折格子6）となる。

【0031】もちろん光源の波長変動以外にも、光パワー変動、SNR等を監視し、それぞれを所定の値に維持するように制御したり、WDM信号光におけるチャンネル数を監視し、異常時にアラームを発生させるようにしてもよい。

【0032】図5は本発明の第2実施例を示す光中継システムの主要部のブロック図である。この光中継システムは、主光路16によって伝送されるWDM信号光を一括に増幅して出力する光増幅器38を備えている。

【0033】光増幅器38としては、EDFAを用いることができる。EDFAは、例えば、WDM信号光が供給されるエルビウムドープファイバ（EDF）と、ポンプ光を出力するポンプ光源と、WDM信号光及びポンプ光をEDFへ導入するための光カプラとを備えている。

【0034】光増幅器38としては、EDFAの他に、光半導体ダイオードを増幅媒体とする半導体増幅器やラマン効果等の光ファイバにおける非線形効果を利用した増幅器等を使用することができる。説明の便宜上、光増幅器38はEDFAであるとする。

【0035】主光路16における光増幅器38の上流側

及び下流側にそれぞれ対応する第1及び第2のモニタ用信号光を分岐するために、光増幅器38の上流側及び下流側にはそれぞれ光カプラ40及び42が設けられている。

【0036】光カプラ40及び42によって分岐された第1及び第2のモニタ用信号光は、光スイッチ44によって選択的に光スペクトラムモニタ34へ供給される。光スペクトラムモニタ34において符号46で示されているのは分光器であり、この分光器46は図1のレンズ4及び8並びに回折格子6に対応している。

【0037】光スペクトラムモニタ34の信号処理回路14の出力信号は制御回路48へ供給される。光増幅器38におけるポンプ光のパワーの制御や光スイッチ44の切り換えは、制御回路48によってなされる。

【0038】例えば、光カプラ40で分岐される第1のモニタ用信号光から得られるスペクトラムによって、WDM信号光のチャンネル数や光増幅器38の上流側における各チャンネルの入力レベル、SNRを検出することができる。

【0039】WDM信号光のチャンネル数を検出するための第1の態様においては、図5の制御回路48又は図3の監視手段22は、得られたスペクトラムにおける各チャンネルの信号光に対応するレベルがあらかじめ定められた閾値よりも大きくなる微小帯域の数をカウントする手段を含む。

【0040】WDM信号光のチャンネル数を検出するための第2の態様においては、制御回路48又は監視手段22は、得られたスペクトラムの微分信号を算出する手段と、この微分信号における各チャンネルの信号光に対応する信号レベルがあらかじめ定められた閾値よりも大きくなる微小帯域の数をカウントする手段とを含む。

【0041】図6によりチャンネル数を検出するための第1の態様を説明する。図示された例では、ASE成分ASEに4チャンネル分のスペクトラムピークSP1～SP4が重畳しているスペクトラムが得られているものとする。この場合、各チャンネルの信号光が存在する波長域R1～R4を例えば制御回路48（図5参照）にあらかじめ記憶させておき、その波長域の信号レベルの絶対値或いは全信号パワーに対する割合を検出することによって、各波長域に当該チャンネルの信号光があるか否かを知ることができる。

【0042】しかしながら、この第1の態様においては、各信号光を乗せる波長を通信システムとしてあらかじめ割り当てておき、各信号光が存在する波長域の記憶が必要になる。また、光増幅器において発生するASE雑音の分布が均一でない場合に、信号の特定が困難になる場合もある。

【0043】第2の態様はこれを改善したものである。図7はチャンネル数を検出するための第2の態様を説明するための図である。光増幅器において発生する雑音の波

長特性はなだらかな変化を呈するのに対して、信号成分は鋭いスペクトラムピークを持つので、得られたスペクトラムの微分曲線DSを得て、その微分値があらかじめ定められた閾値よりも大きい場合に当該チャンネルがあると判断することができる。この第2の態様によると、雑音成分と信号成分のパワーがほぼ同じ程度である場合にも、確実にチャンネル数を検出することができる。

【0044】次に、図8により各チャンネルにおけるSNRの検出方法の例を説明する。例えば図5に示される光スペクトラムモニタ34で得られるスペクトラムには、各チャンネルの信号成分と光増幅器で発生するASE雑音成分とが含まれている。従って、図5の信号処理回路14もしくは制御回路48或いは図3の監視手段22において、各チャンネルのピークパワーS1～S3と各チャンネル近傍の雑音成分N1～N3との比率をそれぞれ算出することによって、各チャンネルのSNRを得ることができる。

【0045】また、各信号のピークパワーからその近傍の雑音成分パワーを減算すると、真の信号パワーを算出することができる。各チャンネルについての真の信号パワーと、雑音パワーを含む全光パワーとに基づいて、光増幅器の動作条件や光出力を適切に設定することができる。

【0046】具体的には、雑音パワーを含む全光パワーの測定結果に基づきポンプ光のパワーを調節することによって、光増幅器の利得特性（利得と波長との関係を表す特性）をフラットにすることができる。また、真の信号パワー或いはチャンネル数を認識した場合における各チャンネルの真の信号パワーの平均値が一定になるように、光増幅器の光出力を調節することができる。

【0047】例えば図5の制御回路48は、モニタ用信号光（光カプラ42で分岐される第2のモニタ用信号光）のSNRを検出する手段と、検出されたSNRに基づき真の信号パワーを検出する手段と、検出された真の信号パワーが一定になるように光増幅器を制御する手段とを含むのである。

【0048】図9の（A）及び（B）により、雑音パワーを含む全光パワーの測定結果のみに基づき光出力を制御した場合と、真の信号パワーを用いて光出力を制御した場合の違いを説明する。

【0049】図9の（A）は、全光パワーの測定結果のみに基づいて光出力を設定した場合における全光パワー、真の信号パワー及びASEパワーと多段接続された中継器の数との関係を示している。図9の（B）は、真の信号パワーを用いて光出力を設定した場合における全光パワー、真の信号パワー及びASEパワーと中継器の数との関係を示している。

【0050】全光パワーの測定結果のみに基づき光出力を設定した場合には、真の信号パワーと雑音パワー（ASEパワー）の和が一定になるように制御される。AS

Eパワーは中継段数が増えるのに従って増大するため、相対的に真の信号パワーが小さくなってSNRが劣化する。

【0051】これに対して、図9の(B)に示されるように、真の信号パワーを検出してこれが一定になるような制御を行えば、SNRの劣化は緩和される。従来、このような真の信号パワーを用いた制御を行うためには、各チャネルの信号に例えば低周波数のトーン信号を重畳し、トーン信号成分を検出してこの成分が一定になるような制御等が提案されているが、複雑な制御回路が必要になると共に、トーン信号により主信号が劣化するという問題があった。

【0052】これに対して、図1に示されるような光スペクトラムモニタを用いることによって、このような制御を容易に行うことができる。図5の実施例においては、光増幅器38の入力側及び出力側でモニタ用信号光を分岐しているため、光増幅器の雑音指数をモニタすることができる。雑音指数は光増幅器の動作状態を表す重要な指標であり、光増幅器の動作中は絶えず雑音指数を監視し、所定の値を下回った場合には故障と判断して警報信号を監視装置に送る等の処置を行うことが望ましい。監視装置は、例えば多中継システムの端局に設置されている。WDM信号光を一括増幅する場合には、各チャネルの雑音指数を把握することが望ましい。

【0053】次式で表されるように、光増幅器の雑音指数は入力側と出力側のSNRの比で定義される。

(雑音指数) = (入力信号光のSNR) / (出力信号光のSNR)

WDM信号光の場合には、各チャネル毎に雑音指数が算出される。従って、まず、入力信号光のスペクトラムを測定し、図8により説明したように各チャネルについてSNRを求め、次に光スイッチ44(図5参照)を切り換えて出力信号光についても同様に各チャネルのSNRを求め、その比を算出することによって、光増幅器の雑音指数をチャネル毎に把握することができる。

【0054】図10は本発明の第3実施例を示す光中継システムのブロック図である。この実施例は、図5の第2実施例と対比して、光増幅器の利得特性がフラットになるように光増幅器を制御する手段をさらに備えている点で特徴付けられる。

【0055】この手段は具体的には光増幅器38に付加的に設けられたゲインイコライザ50であり、ゲインイコライザ50は光増幅器38と光カプラ42の間に設けられている。

【0056】広い帯域に渡ってWDM信号光を増幅すると、各チャネルの信号光に対する増幅率が異なり、光出力パワーがばらつくことがある。この実施例では、光カプラ42で分岐される第2のモニタ用信号光のスペクトラムを測定し、各チャネルの光出力パワーがほぼ一定になるようにゲインイコライザ50の特性を制御する。こ

れにより、光増幅器の利得特性がゲインイコライザによって補償され、各チャネルの光出力パワーをほぼ一定にすることができる。

【0057】ゲインイコライザによる利得補償はSNRの劣化を伴うので、光中継器を多段に接続する場合には、所定のSNRを確保することができる程度に、いくつかの光中継器毎にゲインイコライザを設ければよい。尚、ゲインイコライザは光増幅器とは独立に伝送路或いは光ノードに配置してもよい。

【0058】図11は光波ネットワークの一例を説明するための図である。図示された例では、5つのノード52(＃1～＃5)が相互に光路で結ばれている。端局(図示せず)から出力される信号光は光増幅器(図示せず)やノード52(＃1～＃5)を介して所望の別の端局へ送られる。

【0059】ある特定のノードに着目すると、このノードを通り抜ける信号光はさまざまな経路(パス)を通じて来ているため、信号光のSNRもそれに応じてさまざまである。

【0060】今、この光波ネットワークにWDMが適用されているものとし、各波長の信号光が次のようなパスでノード間を通るものとする。波長 λ_1 の信号光は、ノード52(＃1)からノード52(＃3)を経由してノード52(＃5)へ送られ、波長 λ_2 の信号光は、ノード52(＃1)からノード52(＃2, 3, 4)をこの順に経由してノード52(＃5)へ送られ、波長 λ_3 の信号光は、ノード52(＃1)からノード52(＃4)を経由してノード52(＃5)へ送られ、波長 λ_4 の信号光は、ノード52(＃1)からノード52(＃4, 3, 2)をこの順に経由してノード52(＃5)へ送られる。

【0061】図12はノード52(＃5)に到達した各信号光のSNRの劣化を説明するための図である。波長 λ_1 及び λ_3 の信号光は、1つのノードだけを経由しているので、SNRの劣化は小さい。これに対して、波長 λ_2 及び λ_4 の信号光は3つのノードを経由しているのでSNRの劣化が大きい。

【0062】従って、このようなSNRが劣化した信号光のSNRを、光スペクトラムアナライザを用いて監視し、所定のSNRに満たない信号光を選択的に分岐してこれを光学的或いは電気的に再生中継することによって、SNRが改善される。そのための実施例を図13により説明する。

【0063】図13は本発明の第4実施例を示すノードのブロック図である。主光路16によって伝送されるWDM信号光は、光カプラ54で2分岐され、一方の分岐光はモニタ用信号光として光スペクトラムモニタ34へ供給される。光スペクトラムモニタ34の出力信号は制御回路56へ供給される。

【0064】光カプラ54における他方の分岐光は光分

岐装置 58 へ供給される。光分岐装置 58 では SNR の改善が必要なチャネルの信号光が取り出され、再生中継器 60 (#1, #2) へ供給される。

【0065】この例では、2つの再生中継器 60 (#1, #2) が用いられており、従って 2 チャネル分の信号光について SNR の改善が可能である。再生中継器 60 (#1, #2) の出力光は、必要に応じて波長変換器 62 (#1, #2) で波長変換された後、光挿入装置 64 で主光路の信号光に合流される。光挿入装置 64 の出力光は光増幅器 66 を介して送出される。

【0066】制御回路 56 は、光スペクトラムモニタ 34 からの検出されたスペクトラムに関する信号等に基づいて、光分岐装置 58、再生中継器 60 (#1, #2)、波長変換器 62 (#1, #2) 及び光挿入装置 64 を制御する。

【0067】あるノードを通過する信号光のうち、SNR が劣化して再生中継が必要となるチャネル数は、光波ネットワークの規模に応じたある割合（確率）で発生すると考えられる。従って、ノードで取り扱うことのできる最大のチャネル数分の再生中継器を用意する必要はなく、前述の発生割合を踏まえた適切な数（図 13 の例では 2 つ）の再生中継器を用意すればよい。即ち、所定の SNR を下回った信号光のみを再生中継器に迂回させればよいのである。

【0068】光波ネットワークにおいては、各信号光の波長が最終目的値（例えば行き先の端局）や次に到達するノードを示すアドレスとして扱われる場合がある。このような場合においては、ノード内で各波長（つまり行き先）と、ノード入力側の SNR と、ノードに内蔵される光増幅器により付加される雑音を加味したノード出力側の SNR とを把握することができるので、目的地に到達した際の受信品質を計算することができる。このような計算に基づいて、ノード内で再生中継を行う必要があるチャネル或いはその優先順位を算出することができる。

【0069】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、WDM 信号光の監視／制御を行う場合における長期安定性の確保、信頼性の向上及び応答の高速化に適した光システムの提供が可能になるという効果が生じる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用可能な光スペクトラムモニタの構成を示す図である。

【図 2】スペクトラムの一例を示す図である。

【図 3】本発明の光システムの基本構成を示す図である。

【図 4】本発明の第 1 実施例を示す光送信システムのブロック図である。

【図 5】本発明の第 2 実施例を示す光中継システムのブロック図である。

【図 6】チャネル数を検出するための第 1 の態様の説明図である。

【図 7】チャネル数を検出するための第 2 の態様の説明図である。

【図 8】SNR 検出方法の説明図である。

【図 9】パワーの制御方法の違いの説明図である。

【図 10】本発明の第 3 実施例を示す光中継システムのブロック図である。

【図 11】本発明を適用可能な光波ネットワークの説明図である。

【図 12】SNR の劣化の説明図である。

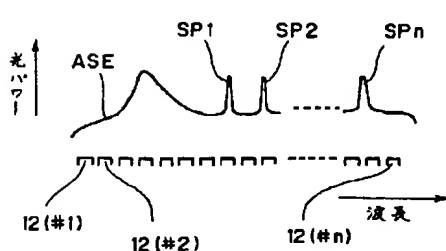
【図 13】本発明の第 4 実施例を示すノードのブロック図である。

【符号の説明】

- 6 回折格子
- 10 受光素子アレイ
- 12 光／電気変換エレメント
- 14 信号処理回路
- 34 光スペクトラムモニタ

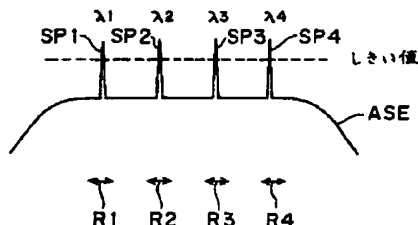
【図 2】

スペクトラムの例を示す図



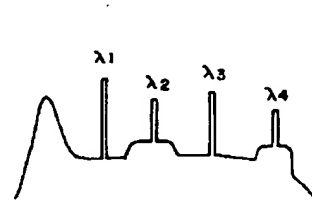
【図 6】

チャネル数を検出するための第 1 の態様の説明図



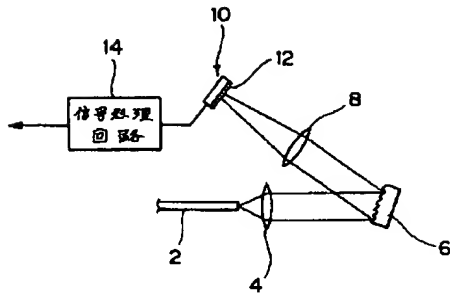
【図 12】

SNR 劣化の説明図



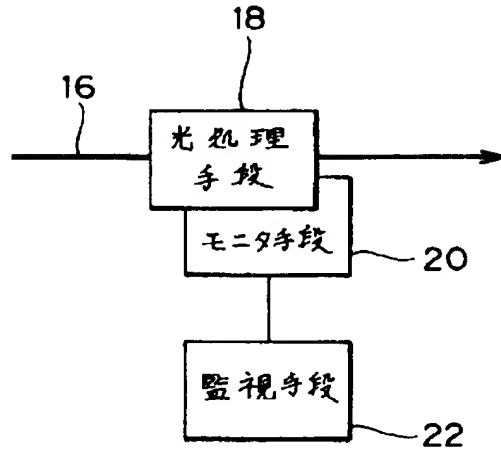
【図1】

光スペクトラムモニタの構成を示す図



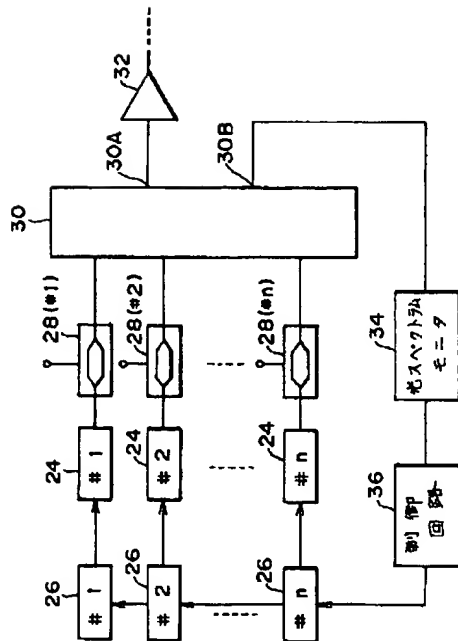
【図3】

本発明の光システムの基本構成を示す図



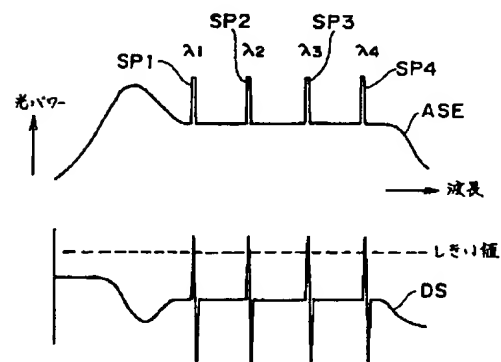
【図4】

第1実施例ブロック図

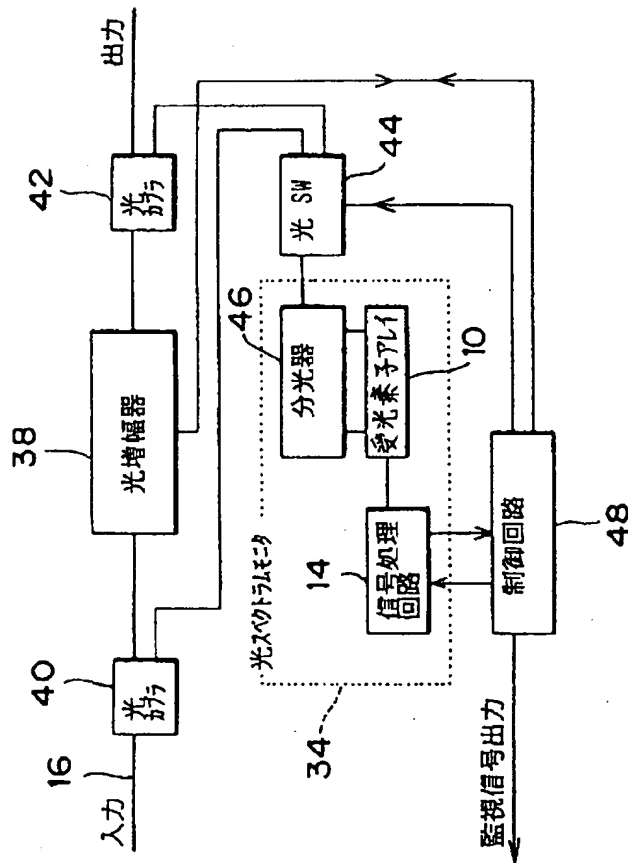


【図7】

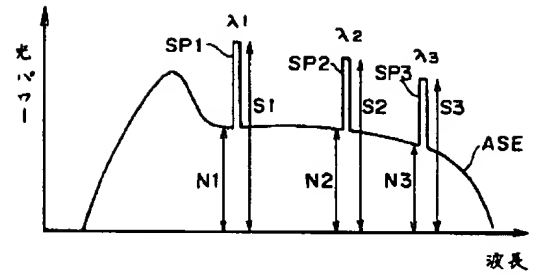
チャンネル数を検出するための第2の態様の説明図



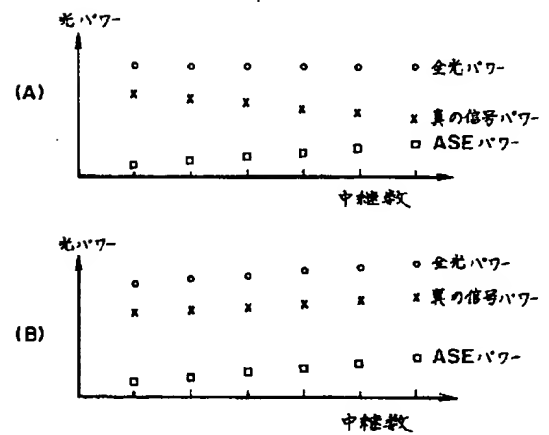
第2実施例ブロック図



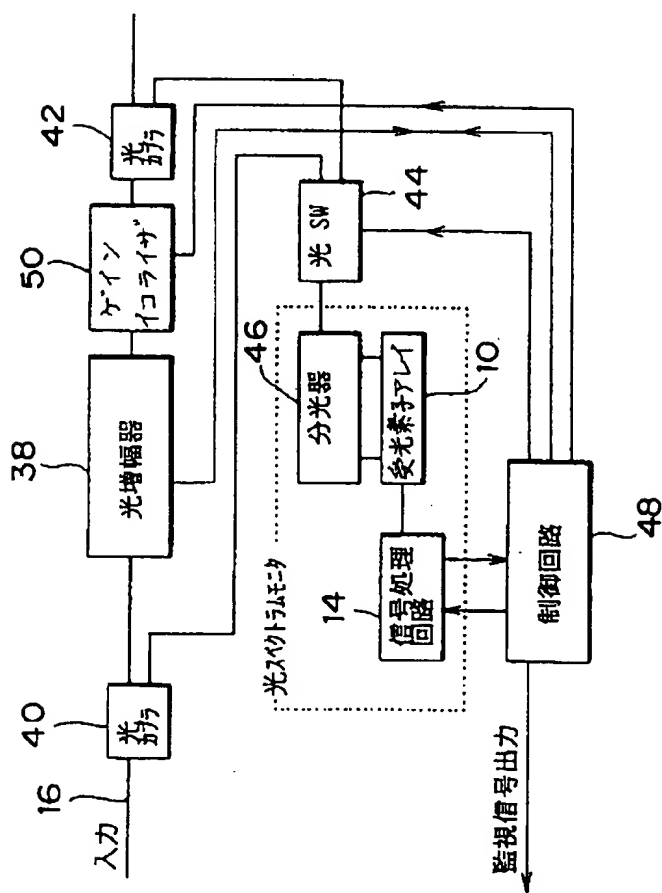
SNR 検出方法の説明図



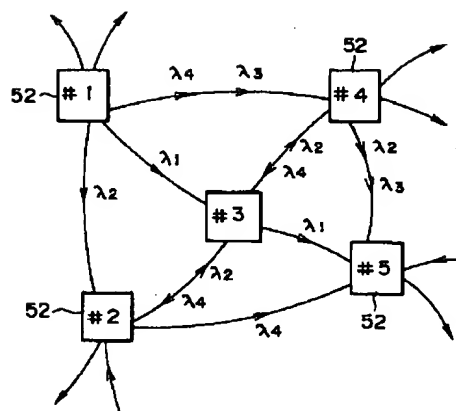
パワーの制御方法の違いの説明図



第3 实施例ブロック図



光波ネットワークの説明図



第4 実施例ブロック図

